

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003209307 A**

(43) Date of publication of application: **25.07.03**

(51) Int. Cl. **H01S 3/02**
B23K 26/06
B23K 26/08
H01S 3/00

(21) Application number: **2002006292**

(22) Date of filing: **15.01.02**

(71) Applicant: **mitsubishi electric corp**

(72) Inventor: **TAKENAKA YUJI**
FUJIKAWA SHUICHI
SEGUCHI MASAHI

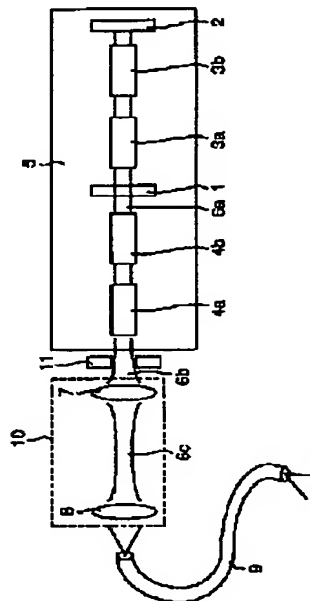
(54) SOLID STATE LASER DEVICE AND SOLID STATE LASER PROCESSING EQUIPMENT

(57) Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a solid state laser device with which light is guided under a condition where a performance of a laser beam of high quality at high output is sufficiently brought out.

SOLUTION: In this solid state laser device, quality of a laser beam 6 emitted from a solid state laser oscillator 5 varies according to laser output. The device comprises an opening member 11 that limits beam diameter of the laser beam related to the laser output that makes the quality of the laser beam deteriorate, and a transferring optical system 10 that transfers an opening of the opening member to an incident end surface of an optical fiber 9.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-209307
(P2003-209307A)

(43) 公開日 平成15年7月25日 (2003.7.25)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 1 S 3/02		H 0 1 S 3/02	4 E 0 6 8
B 2 3 K 26/06		B 2 3 K 26/06	Λ 5 F 0 7 2
	26/08		Z
		26/08	K
H 0 1 S 3/00		H 0 1 S 3/00	B
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)			

(21) 出願番号 特願2002-6292(P2002-6292)

(22) 出願日 平成14年1月15日 (2002.1.15)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 竹中 裕司

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72) 発明者 藤川 周一

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(74) 代理人 100062144

弁理士 青山 葆 (外2名)

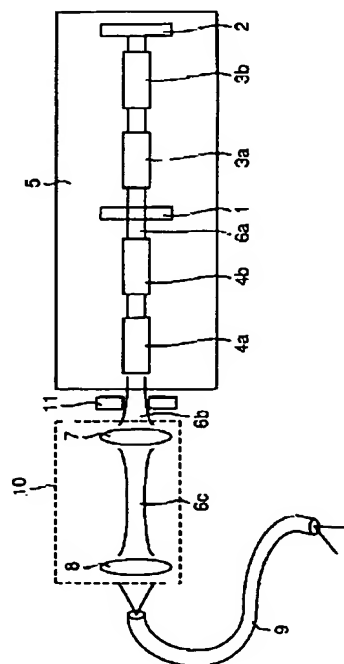
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体レーザー装置及び固体レーザー加工装置

(57) 【要約】

【課題】 高出力時の高品質のレーザービームの性能を十分に発揮させる条件で導光させることができる固体レーザー装置を提供する。

【解決手段】 この固体レーザー装置は、固体レーザー発振器5から出射されるレーザービーム6のビーム品質がレーザー出力により変化する固体レーザー装置において、前記レーザービームのビーム品質が悪化するレーザー出力において、前記レーザービームのビーム径を制限する開口部材11と、前記開口部材の開口を光ファイバ9の入射端面に転写する転写光学系10とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 固体レーザー発振器から出射されるレーザービームのビーム品質がレーザー出力により変化する固体レーザー装置において、

前記レーザービームのビーム品質が悪化するレーザー出力において、前記レーザービームのビーム径を制限する開口部材と、

前記開口部材の開口を光ファイバの入射端面に転写する転写光学系とを備えたことを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項2】 前記転写光学系は、導光レンズと集光レンズとを備え、

前記開口部材の口径 D_{open} は、前記光ファイバの導光部の口径を D_{fiber} とし、前記導光レンズの焦点距離を f_{guide} とし、前記集光レンズの焦点距離を f_{cond} とした場合に、

$D_{open} \leq D_{fiber} \cdot f_{guide} / f_{cond}$ を満たす範囲であることを特徴とする請求項1に記載の固体レーザー装置。

【請求項3】 前記転写光学系と前記光ファイバの入射端面は、前記転写光学系で転写されたレーザービームの前記光ファイバの入射端面の位置における開口径が、前記光ファイバの導光部の口径以下となるように配置されたことを特徴とする請求項1又は2に記載の固体レーザー装置。

【請求項4】 前記転写光学系は1枚以上のレンズからなり、

前記光ファイバの入射端面にレーザービームを転写させるレンズと前記光ファイバの間隔は前記レンズの焦点距離と実質的に等しくすることを特徴とする請求項1から3のいずれか一項に記載の固体レーザー装置。

【請求項5】 前記転写光学系は、前記レーザービームを平行ビームに変換する2枚のレンズを含むことを特徴とする請求項1から4のいずれか一項に記載の固体レーザー装置。

【請求項6】 請求項1から5のいずれか一項に記載の前記固体レーザー装置と、

レーザービームを被加工物に照射して前記被加工物を加工する加工ヘッドと、

前記固体レーザー装置の前記転写光学系と前記加工ヘッドとの間に接続され、前記レーザービームを前記固体レーザー装置から前記加工ヘッドに導光する光ファイバとを備えたことを特徴とする固体レーザー加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固体レーザー装置及びこれを用いた固体レーザー加工装置に関する。

【0002】

【従来の技術】固体レーザーは、ガスレーザーと同様に大出力が得られるため、レーザー加工機等に利用されている。

この固体レーザーの利用方法としては、レーザー発振器から出射させたレーザービームを直接に照射して用いる場合や、レーザー発振器から出射させたレーザービームを光ファイバで照射しようとする目的箇所まで導光して照射する場合などがある。特に、光ファイバを用いてレーザービームを導光すると、照射位置を容易に変えることができる。

【0003】レーザー加工国際フォーラム2000講演概要集、第74頁には、従来の固体レーザー装置が記載されている。この従来の固体レーザー装置について、図8を用いて説明する。この固体レーザー装置は、固体レーザー発振器55と、該固体レーザー発振器55から出射されたレーザービーム56bを導光するビーム導光光学系57と、該ビーム導光光学系57からのレーザービーム56cを光ファイバ59に集光して入射させるファイバ転写光学系58とを備える。次に、各構成部材について説明すると、固体レーザー発振器55は、励起部となるレーザー媒質53a、53bと、部分反射ミラー51と全反射ミラー52との間に該励起部を挟んで構成するレーザー共振器と、該レーザー共振器から出射するレーザービーム56aを増幅する増幅媒質54a、54bとを備える。このレーザー媒質53a、53bとしては、Nd:YAGからなる固体状ロッド型媒質が用いられている。また、ビーム導光光学系57及びファイバ転写光学系58は、それぞれ1枚のレンズで構成されている。

【0004】次に、この従来の固体レーザー装置の動作について説明する。レーザー共振器内の励起部であるレーザー媒質53a、53bが発振条件を満たすことによりレーザー発振を起こし、部分反射ミラー51からレーザービーム56aが出射される。このレーザービーム56aは、増幅媒質54a、54bによってさらに高出力化され、固体レーザー発振器55から出射される。次いで、ビーム導光光学系57とファイバ転写光学系58とを介して光ファイバ59の入射端面に集光され、入射させる。その後、光ファイバ59でレーザービームを導光し、例えば、加工ヘッドに導かれてレーザー加工等に用いられている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】通常、レーザービームの出力は、出力を低出力から順に高出力へと上昇させていく必要がある。一方、通常のレーザービームは出力強度に応じてビーム品質が変化することが知られている。例えば、図9に示すように出力強度が低出力の場合には、一定の強度以上のレーザービームの範囲のビーム径は細く、良好なビーム品質を有するが、出力が大きくなるにつれてビーム径の拡がりが大きくなり、中出力の場合に、集光のしやすさ等の取扱いの尺度となるビーム品質が悪化する。このとき、ファイバ転写光学系で集光されるレーザービームのビーム径もまた拡がる。このため、光ファイバの導光部以外にレーザービームが照射される場合がある。さらに、出力を上げていき、高出力になるとビーム

中心への強度分布が大きくなり、ビーム径の拡がり小さくなり、ビーム品質は再び良好となる。

【0006】しかし、レーザビームを導光する光ファイバは、石英ガラス等からなる導光部分の周囲を樹脂等でコーティングされているため、上記中出力の場合のように導光部分に集光されなかったレーザビームが周辺の樹脂部分に照射されると、高熱によって損傷する。そこで、レーザビームを光ファイバに入射させるには、レーザビーム径をファイバ端部でのファイバ径以下に調整しておく必要がある。また、レーザビームの出力を低出力から中出力、高出力と上げていく各段階で光ファイバを破損させることなく、集光させ、入射させるためには、レーザビームのビーム径が最も広がる場合のビーム品質が悪化する場合に対応させて光ファイバの入射端面に入射させる条件を設定しておかなければならない。このため、レーザビームを、本来の良好なビーム品質を発揮させる条件で導光させることができない。そこで、レーザ加工等に用いた場合でも十分なレーザ加工性能が得られなかった。

【0007】また、光ファイバから出射されるレーザビームの品質は、ファイバに入射するレーザビームのビーム品質の一番悪い状態にならう性質がある。そのため、図9に示すように高出力領域ではビーム品質がよくても、レーザビームの出力を低出力から高出力に上げていく過程で途中にビーム品質が悪い状態が存在する場合には、高出力時のビーム品質も悪化してしまう。したがって、高出力時に良好なビーム品質を発生するレーザ発振器であっても、途中のビーム品質の悪い出力域を必ず通過するため、ビーム品質が律速され、レーザ加工性能が十分に発揮されなかった。

【0008】そこで、本発明の目的は、低出力から高出力へと出力を上昇させていく段階でのビーム品質が悪い状態を経由する場合にも、光ファイバを損傷させることなく、高出力時の高品質のレーザビームの性能を十分に発揮させる条件で導光させることができる固体レーザ装置を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明に係る固体レーザ装置は、固体レーザ発振器から出射されるレーザビームのビーム品質がレーザ出力により変化する固体レーザ装置において、前記レーザビームのビーム品質が悪化するレーザ出力において、前記レーザビームのビーム径を制限する開口部材と、前記開口部材の開口を光ファイバの入射端面に転写する転写光学系とを備えたことを特徴とする。

【0010】また、本発明に係る固体レーザ装置は、前記固体レーザ装置であって、前記転写光学系は、導光レンズと集光レンズとを備え、前記開口部材の口径 D_{open} は、前記光ファイバの導光部の口径を D_{fiber} とし、前記導光レンズの焦点距離を f_{guide} と

し、前記集光レンズの焦点距離を f_{cond} とした場合に、 $D_{open} \leq D_{fiber} \cdot f_{guide} / f_{cond}$ を満たす範囲であることを特徴とする。

【0011】さらに、本発明に係る固体レーザ装置は、前記固体レーザ装置であって、前記転写光学系と前記光ファイバの入射端面は、前記転写光学系で集光されたレーザビームの前記光ファイバの入射端面の位置におけるビーム径が、前記光ファイバの導光部の口径以下となるように配置されたことを特徴とする。

【0012】またさらに、本発明に係る固体レーザ装置は、前記固体レーザ装置であって、前記転写光学系は1枚以上のレンズからなり、前記光ファイバの入射端面にレーザビームを集光させるレンズと前記光ファイバの間隔は前記レンズの焦点距離と実質的に等しくすることを特徴とする。

【0013】また、本発明に係る固体レーザ装置は、前記固体レーザ装置であって、前記転写光学系は、前記レーザビームを平行ビームに変換する2枚のレンズを含むことを特徴とする。

【0014】本発明に係る固体レーザ加工装置は、前記固体レーザ装置と、レーザビームを被加工物に照射して前記被加工物を加工する加工ヘッドと、前記固体レーザ装置の前記転写光学系と前記加工ヘッドとの間に接続され、前記レーザビームを前記固体レーザ装置から前記加工ヘッドに導光する光ファイバとを備えたことを特徴とする。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態に係る固体レーザ装置について、添付図面を用いて説明する。なお、実質的に同一の部材には同一の符号を付している。

【0016】実施の形態1. 本発明の実施の形態1に係る固体レーザ装置について図1から図5の(a)及び(b)を用いて説明する。この固体レーザ装置は、図1の概略図に示すように、固体レーザ発振器5と、該固体レーザ発振器5から出射されたレーザビーム6bの径を制限する開口部材11と、該開口部材11の開口を介して出射するレーザビーム6bを光ファイバ9の入射端に転写して入射させる転写光学系10とを備える。この開口部材11を設けたことによって、レーザビームの出力を低出力から高出力に上昇させて、ビーム品質の悪い、ビーム径が拡大する中出力領域を経由する場合にも、ビーム品質の悪い成分をカットして、所定のビーム径のレーザビームとできる。これによって、出力上昇時にも高出力時の高品質のレーザビームを光ファイバ9に導光させる条件を維持することができ、レーザ加工等に用いた場合にも十分なレーザ加工性能を発揮させることができる。

【0017】次に、各構成部材について説明すると、固体レーザ発振器5は、励起部となるレーザ媒質3a、3bと、部分反射ミラー1と全反射ミラー2との間に該励

起部を挟んで構成するレーザ共振器と、該レーザ共振器から出射するレーザビーム6aを増幅する増幅媒質4a、4bとを備える。このレーザ媒質3a、3bとしては、Nd:YAGからなる固体状ロッド型媒質が用いられている。なお、レーザ媒質としては、Nd:YAGに限定されず、他の固体レーザ媒質を用いてもよい。また、転写光学系10は、導光レンズ7、集光レンズ8で構成されている。なお、このレンズ7、8は、それぞれ複数枚のレンズで構成されていてもよい。

【0018】さらに、この開口部材11について説明する。この開口部材11は、中央にレーザビームを通過させる開口を設けている。また、高出力時のレーザビームが高品質の場合は、損失なく開口を通過できるように開口の口径をあらかじめ設定しておいてもよい。この場合に、ビーム品質の悪い中出力領域のレーザビームのビーム品質の悪い成分をカットするように、中出力領域のビーム径より開口を狭く、例えば、ビームエネルギーの5%以上をカットするように設定するのが好ましい。また、開口部材11の開口の口径は固定する場合に限られず、可変型としてもよい。

【0019】さらに、この固体レーザ装置の動作について説明する。まず、レーザ共振器内の励起部であるレーザ媒質3a、3bが発振条件を満たすことによりレーザ発振を起こし、部分反射ミラー1からレーザビーム6aが出射される。このレーザビーム6aは、増幅媒質4a、4bによってさらに高出力化され、固体レーザ発振器5から出射される。次いで、開口部材11で所定のビーム径以上となった場合には、開口の口径で制限される。この場合、低出力時には、図2に示すように、ビーム品質がよいため開口部材11の位置でのビーム径は細く、開口部材11を通過し、ビーム径は開口によっては制限されない。出力を上げていき、中出力になった場合には、図3に示すように、ビーム品質が悪く、開口部材11でのビーム径が広がってしまうが、開口部材11によって一定のビーム径に制限され、集光させにくくビーム品質を悪くさせる成分は開口部材11で遮断することができる。さらに出力を上げて高出力となった場合には、図4に示すように、ビーム品質が良好となるので開口部材11の位置でビーム径は広がることなく開口を通過する。その後、転写光学系10を構成する導光レンズ7と集光レンズ8とを介して、開口部材11での開口径を光ファイバ9の入射端面に転写する条件（「転写条件」）で光ファイバ9の入射端面に集光され、入射させる。その後、光ファイバ9でレーザビームを導光させる。この固体レーザ装置によって光ファイバに導光されるレーザビームは、例えば、光ファイバから加工ヘッドに導かれてレーザ加工等に用いることができる。この場合には、高出力で高品質のレーザビームを損失を受けることなく導光レンズ7、集光レンズ8を介して光ヘッド9に入射させることができる。

【0020】また、上記の「転写条件」について説明する。この転写条件とは、開口部材の位置のレーザビームのビーム径を転写光学系10を用いて変換し、光ファイバの入射端面に入射させる条件である。この固体レーザ装置では、転写光学系10として、導光レンズ7及び集光レンズ8を用いて開口部材11の開口、すなわちビーム径を光ファイバ9の入射端面の口径以下のビーム径に変換している。ここで導光レンズ7の焦点距離を f_{guide} 、集光レンズ8の焦点距離を f_{cond} とすると、開口部材11、導光レンズ7、集光レンズ8、光ファイバ9の入射端面は、それぞれ次の関係を満たすように配置される。

(1) 開口部材11と導光レンズ7との間隔を、 f_{guide} とする。

(2) 導光レンズ7と集光レンズ8との間隔を、 $f_{\text{guide}} + f_{\text{cond}}$ とする。

(3) 集光レンズ8から光ファイバ9の入射端面との間隔は、図5の(a)または(b)に示すように、光ファイバ9の入射端面におけるビーム径が光ファイバの導光部の口径以下となる範囲に配置する。この場合、光ファイバ9の入射端面の位置におけるビーム径を d_{in} とし、該入射端面の口径を D_{fiber} すると、

$$d_{in} \leq D_{\text{fiber}}$$

を満たすように集光レンズ8と光ファイバ9の入射端面とを配置すればよい。これによってレーザビームを損失なく光ファイバ9に入射させることができる。

【0021】なお、特開2001-94177号公報には、レーザ発振装置の出射点と光ファイバの入射点との間に、出射点D1と入射点D2のビーム径比 $D1:D2$ と同じ比の焦点距離 $f1:f2$ を有する2枚の凸レンズを所定位置に設置した固体レーザ光投射装置が記載されている。これは、単に光学的な転写条件について記載しているものであって、本発明における出力変化に伴ってビーム品質が悪化した場合の広がったビーム径に関する調整に関するものではない。

【0022】さらに、開口部材11、導光レンズ7及び集光レンズ8のそれぞれの配置は上記の場合に限られることなく、それぞれの間隔を適宜変化させて、図5の(a)及び(b)に示すように、光ファイバ9の入射端面におけるビーム径 d_{in} が光ファイバ9の導光部の口径 D_{fiber} 以下となるようにしてもよい。これによって転写条件を満たすことができ、レーザビームを損失させることなく光ファイバ9に入射させることができる。

【0023】また、開口部材11の口径 D_{open} は、光ファイバ9の導光部の口径 D_{fiber} への転写条件を満たすように決められる。具体的には、開口部材の口径 D_{open} で最大径を制限されたビーム径 d_{open} （ $=D_{\text{open}}$ ）は、導光レンズ7、集光レンズ8を介して光ファイバ9の入射端面でビーム径 d_{in} に変換さ

れる。その関係は、上記光学配置から、次式

$$d_{open} : d_{in} = f_{guide} : f_{cond}$$
を満たしている。さらに、上述の通り、光ファイバ9の入射端面でのビーム径 d_{in} は導光部の口径 D_{fiber} より小さくする必要がある。そこで、 $d_{in} \leq D_{fiber}$ の条件と合せると、開口部材11でのビーム径 d_{open} 、即ち、開口部材の口径 D_{open} は、次式を満たす範囲が好ましい。

$$D_{open} \leq D_{fiber} \cdot f_{guide} / f_{cond}$$
これによって、この開口部材11でビーム径 d_{open} に最大径を制限されたレーザビームを光ファイバ9の入射端面に損失なく入射させることができる。

【0024】実施の形態2。本発明の実施の形態2に係る固体レーザ装置について、図5の(c)を用いて説明する。この固体レーザ装置は、実施の形態1に係る固体レーザ装置と比較すると、転写光学系を構成する集光レンズ8と光ファイバ9の入射端面との間隔が集光レンズ8の焦点距離と実質的に同一である点で相違する。このような条件で集光レンズ8と光ファイバ9とを配置する条件を「集光転写条件」といい、これによって、レーザビームの最も細くなるビームウエストで入射端面から入射させることができ、さらに良好なビーム品質でレーザビームを導光することができる。

【0025】実施の形態3。本発明の実施の形態3に係る固体レーザ装置について、図6を用いて説明する。この固体レーザ装置は、実施の形態1に係る固体レーザ装置と比較すると、転写光学系において、レーザビームを平行ビームにする2つの凸レンズ31a、31bを含む点で相違する。この2つの凸レンズ31a、31bによって、レーザビーム6bを平行ビーム6dに変換することができる。通常、固体レーザ装置は、図1における転写光学系10中にビームダンパ等の付加的な光学装置を挿入する場合がある。このような場合にも平行ビーム6dとすることによって挿入位置に関係なくビーム径が一定であるので、挿入位置の自由度がとれるなど、取扱いが容易となる。

【0026】実施の形態4。本発明の実施の形態4に係る固体レーザ加工装置について、図7を用いて説明する。この固体レーザ加工装置は、図7に示すように、実施の形態1に記載の固体レーザ装置と、加工ヘッド44と、該固体レーザ装置の転写光学系10と加工ヘッド44との間に接続されレーザビームを導光する光ファイバ9とを備える。この固体レーザ加工装置は、上記固体レーザ装置から光ファイバ9を介して加工ヘッド44に高品質のレーザビームを導光できるので、十分なレーザ加工性能を発揮させることができる。

【0027】この加工ヘッド44の各構成部分について、図7を用いて説明する。この加工ヘッドは、光ファイバ9の出射端面から出射されるレーザビーム43aを平行ビーム43bに変換するコリメータレンズ41と、

該平行ビーム43bを被加工物45に集光し、レーザ加工する加工レンズ42とを備えている。なお、加工ヘッド44を構成するレンズは上記2枚に限られず、3枚以上のレンズから構成されていてもよい。

【0028】

【発明の効果】本発明に係る固体レーザ装置によれば、レーザビームのビーム品質が悪くなるレーザ出力において、ビーム径を制限する開口部材を設けたので、低出力から高出力まで出力を上げながら光ファイバに集光した場合にも、光ファイバの入射端面に一定のビーム径のレーザビームを入射させることができる。これによって、出力に依存してビーム径が拡大する等のビーム品質が悪化した場合であっても、開口部材によって拡大したビーム径のビーム品質の悪い成分をカットできる。また、開口部材の開口を光ファイバの入射端面に転写する転写光学系をさらに備える。上記開口部材によってレーザビームの径を制限できるので、出力を上昇させている間のビーム径が拡大した場合にも拡大し、ビーム品質が悪化した成分を遮断できる。そのため、転写光学系から光ファイバの入射端面に集光されるビーム径の拡大を防ぐことができる。また、その後、高出力に達した場合には、良好なビーム品質のレーザビームをほとんど損失なく光ファイバに入射させることができる。そこで、出力上昇時には、光ファイバの導光部以外へのレーザビームの照射を防止でき、樹脂部等の損傷による光ファイバ破損を防ぐことができる。また、高出力に達した後は、良好なビーム品質のレーザビームを導光する条件を保つことができるので、レーザ加工機に用いた場合にも良好なレーザ加工性能を発揮させることができる。

【0029】また、本発明に係る固体レーザ装置によれば、開口部材の口径 D_{open} は次式を満たす範囲としている。

$$D_{open} \leq D_{fiber} \cdot f_{guide} / f_{cond}$$
これによって、この開口部材の口径 D_{open} に制限されたレーザビームを光ファイバの入射端面に損失なく入射させることができる。

【0030】さらに、本発明に係る固体レーザ装置によれば、転写光学系と光ファイバの入射端面とを、光ファイバの入射端面におけるビーム径が光ファイバの導光部の口径以下となる範囲に配置する。これによってレーザビームを損失なく光ファイバに入射させることができる。

【0031】またさらに、本発明に係る固体レーザ装置によれば、転写光学系を構成する集光レンズと光ファイバの入射端面との間隔を集光レンズの焦点距離と実質的に同一としている。このような集光転写条件で集光レンズと光ファイバとを配置することによって、レーザビームを最も細くなるビームウエストで入射端面から入射させることができ、さらに良好なビーム品質でレーザビームを導光させることができる。

【0032】また、本発明に係る固体レーザ装置によれば、転写光学系にレーザビームを平行ビームとする2枚のレンズを備えている。これによって該転写光学系において、装置を挿入する場合、挿入位置に関係なくビーム径が一定であるので、挿入位置の自由度がとれるなど、取扱いが容易となる。

【0033】本発明に係る固体レーザ加工装置によれば、上記固体レーザ装置から光ファイバを介して加工ヘッドに高品質のレーザビームを導光できるので、十分なレーザ加工性能を発揮させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1に係る固体レーザ装置の概略図である。

【図2】 レーザビームの出力が低出力の場合に、開口部材を通過するレーザビームを示す概略図である。

【図3】 レーザビームの出力が中出力の場合に、開口部材を通過するレーザビームを示す概略図である。

【図4】 レーザビームの出力が高出力の場合に、開口部材を通過するレーザビームを示す概略図である。

【図5】 (a)は、集光レンズと光ファイバの入射端面との間隔が集光レンズの焦点距離より近い場合を示す概略図であり、(b)は、集光レンズと光ファイバの入射端面との間隔が集光レンズの焦点距離より遠い場合を

示す概略図であり、(c)は、本発明の実施の形態2に係る固体レーザ装置の概略図である

【図6】 本発明の実施の形態3に係る固体レーザ装置の概略図である

【図7】 本発明の実施の形態4に係る固体レーザ装置の概略図である

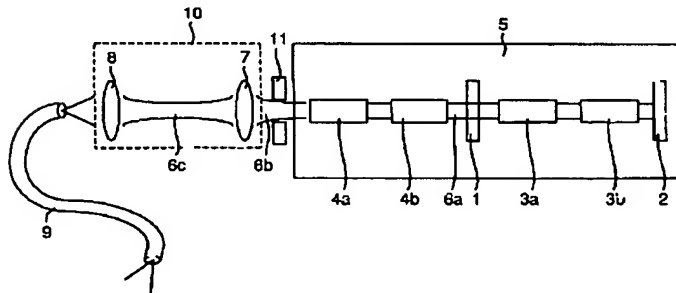
【図8】 従来の固体レーザ装置を示す概略図である。

【図9】 レーザビームの出力とビーム品質との間の関係を示す概念図である。

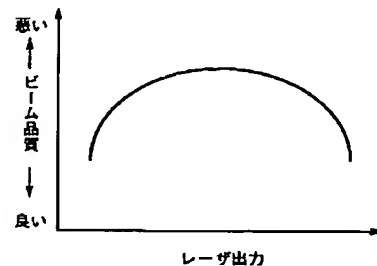
【符号の説明】

1 部分反射ミラー、2 反射ミラー、3a、3b レーザ媒質、4a、4b増幅媒質、5 固体レーザ発振器、6a、6b、6c、6d レーザビーム、7導光レンズ、8 集光レンズ、9 ファイバ、10 転写光学系、11 開口部材、31a、31b 導光レンズ、41 コリメートレンズ、42 加工レンズ、43a、43b、43c レーザビーム、44 加工ヘッド、45 被加工物、51 部分反射ミラー、52 反射ミラー、53a、53b レーザ媒質、54a、54b 増幅媒質、55 固体レーザ発振器、56a、56b、56cレーザビーム、57 導光レンズ、58 集光レンズ、59 ファイバ、101 転写光学系

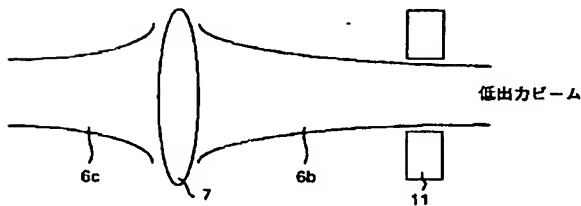
【図1】



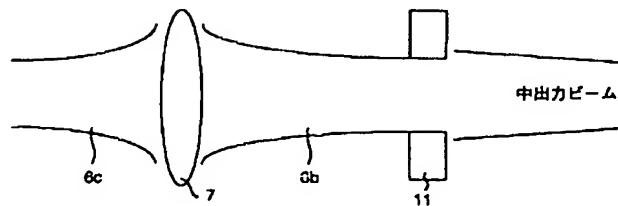
【図9】



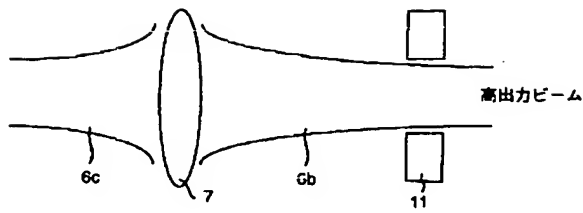
【図2】



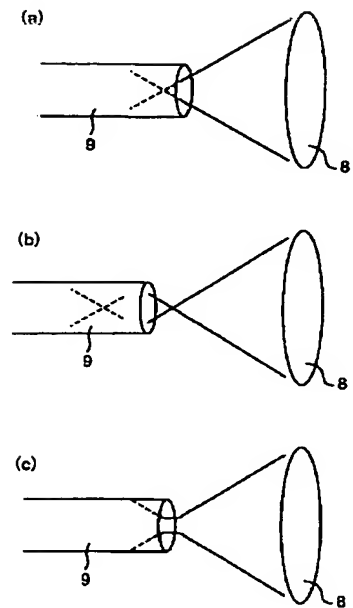
【図3】



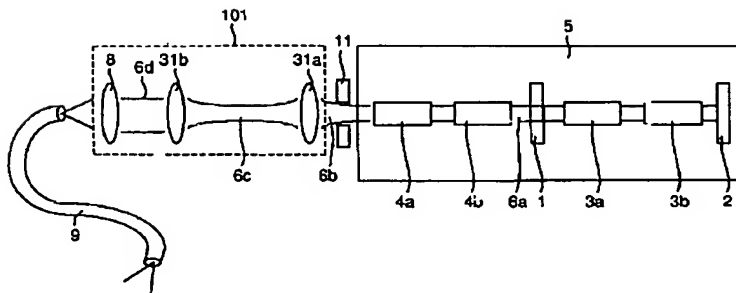
【図4】



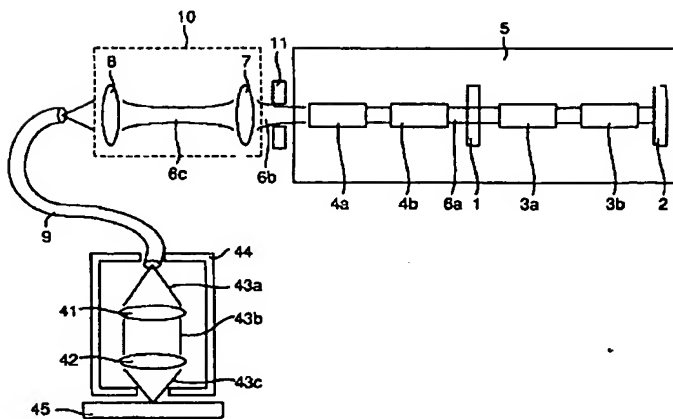
【図5】



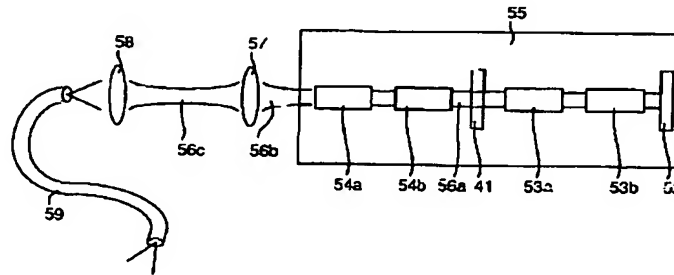
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 瀬口 正記
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

Fターム(参考) 4E068 CA01 CA07 CB08 CD01 CD08
CD10 CD14 CE08
5F072 AB00 KK09 KK30 YY06